

露天矿大型结构件智能维修工作站研究与应用

王艳利

准能集团设备维修中心生产技术部 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 目前针对露天矿用设备大型结构件的焊修均采用手工电弧焊或半自动气体保护焊方式完成,国内外均在制造环节采用机器人自动焊接工艺的报道和介绍,且使用率较高,但在维修环节国内外鲜有此类报道,尤其是本项目拟采用的智能识别机器人焊修工艺,并辅以集成切割、焊接功能的数字化移动平台的技术,更是未见。

本应用采用数字化焊接设备并配合研发的移动式维修系统。核心理念:焊修装备单元智能化、技术与管理网络化、工艺设计专家化、生产过程模拟与可视化、产品质量全程可追溯化、焊接控制智能化。采用智能焊修后焊接质量优良,焊缝成形美观,焊接效率大幅提高。

关键词: 智能焊修; 机器视觉; 物联网; 数字化管控。

国家能源集团准能集团哈尔乌素露天煤矿是大型的露天煤矿,现单矿年生产能力达3400万吨以上,随着设备的逐年老化,大型部件需要焊修的频率加快,但焊修能力相对固定,在这种情况下大型部件出现了欠修的情况,影响了设备出动率。在生产过程中上述设备的漏斗及铲斗需要定期下机维修。

随着中国制造2025的提出,中国开始了大规模的数字化技术革命,大量有基本具备条件的企业开始建设数字化焊接车间或者生产线,汽车行业在数字化焊接领域相对领先,基本接近工业3.0水平,但距离工业4.0水平相距甚远,其它行业差距更大,大型露天矿用大型结构件的焊修基本处于工业2.0左右,即还未达到完全机械化生产。本研究在数字化焊接技术理论架构、数字化系统软件开发、机器人智能化焊接系统集成、高效低耗焊接工艺、视觉识别技术、焊接数据实时采集存储分析技术、数据库系统开发即数据积累等方面可覆盖公司高层到车间底层。^[1]

1 关键设备选型研究

根据本项目需求特点,并经过前期工艺验证,采用丹麦多米尼克Omega400全数字脉冲焊接电源,带有独立的MWF27送丝装置和带有快拆接头的可更换互连电缆。该焊接电源具有专门为弧焊机器人而设计的专用通讯控制接口,由总控制系统控制,和焊接机器人系统集成协调工作。本款Omega系列采用了全数字化逆变技术。保证在大功率持续使用高负载下,空载率只有30W,已获得国家一级节能认证。产品特点:

(1) 稳定而集中的电弧过渡形式,使焊工在操作中更易控制。

(2) 送丝速度高于常规焊机送丝速度30%,极大的提

高了生产效率。

(3) 可减少焊缝热影响区,有利于提高焊缝的机械性能。

(4) 焊接线能量的低输入有利于控制焊接变形。

(5) 能够得到更好的熔深。

(6) 可控制焊接飞溅对工件的污染,降低焊后处理成本。

(7) 在焊丝干伸长增加时也可得到稳定的焊接电弧。

(8) 高密度的电弧过度控制,使熔滴更加细小。

(9) 精确的短弧过渡控制,可有效的控制焊丝中合金元素的烧损,提高焊接质量。

(10) 能够适应窄间隙的焊接,提高焊接接头的机械性能,提高生产效率、降低生产成本。

焊枪选用TBI水冷MIG/MAG焊枪,TBI焊枪具有超长使用寿命,显著的冷却效果,优异的耐机械疲劳性。

该焊机电源为数字化控制逆变电源,完美的引弧性能和焊接性能,可重复焊接效果极佳;焊接效率极高,飞溅少,应用性强并且应用广泛,这一切得益于多样化的连接接口:数字量+模拟量控制接口,工业总线接口(Profibus, Interbus, CAN-BUS, Devicenet);高暂载率,适合连续或多班制工作场合。^[2]

2 机器人系统选型

机器人系统采用安川公司AR1440机器人+YRC1000控制器+示教器),可有效协同控制焊机、变位机和地轨的动作,根据机器视觉定位系统引导自动调整参数焊接;AR1440是安川研发的工业6轴机器人,安装方式既可以地装也可以壁挂和吊装。它采用YRC1000控制柜控制,负载为12kg,最大臂展为1440mm。手臂荷重 ≥ 15 kg; RP ≥ 0.05 mm; RT ≥ 0.13 mm;防护等级 \geq IP67;可

在-5℃~45℃温度范围内高效工作；具有急停、双回路监测等安全功能；配置“焊缝识别、跟踪、回馈控制”装置的接口；配置与“视觉系统”的接口。

其电缆内置于机械臂内和底座内，实现了细巧、紧凑和内置电缆的机械手臂，从而节省空间，高密度配置，机身采用流线型设计，增加了可达范围，能有效避免夹具与工件的干涉。

追求高生产性，新型机器人诞生 实现流程简化，在构造、性能、功能上的创新，提高了动作自由度和体型的小型紧凑化等。AR1440机器人的组成如下。

AR1440机器人机械部分

- 安装方式：置地式，倒挂式，壁挂式，倾斜式。
- 关节方式：6轴关节型。
- 最大负荷：12kg。
- 运输方式：利用叉车或吊车。
- 水平伸长度：1440mm。

2.1 切割系统选型

切割系统选用美国海宝公司MAXPRO200，专为高负荷、高产能的自动化和手持切割及气刨应用而设计和制造。该系统简单易用，可使用空气、氧气或氮气作为等离子气体，兼具切割速度快、工艺转换快的优点，显著提高了生产效率。先进的海宝易损件设计（包括LongLife®长寿命技术）可改善切割的一致性，显著延长易损件使用寿命，从而降低您的单位零件成本。

2.2 移动平台选型配置：

移动平台配备18寸麦克纳姆轮（如图1所示），可以根据指令实现在平面内向任意方向的平移、自转、平移加自转运动，可以爬斜坡，可以线控及远程操控。车外围加装防护围栏，保护操作人员安全。该车还配备升降台、光电传感器（如图2所示）、滤波器、免维护蓄电池、视频操作器、PLC控制系统、急停开关、安全触边、升降支撑等设施。

（1）升降台：可以根据工作需要升高和降低AGV车负载设备；

（2）光电传感器：自动检测与人员与设备的距离，到达安全距离报警及自动停止动作；

（3）滤波器：防止电磁干扰、射频干扰和静电放电的影响；

（4）视频操作装置：可以实时监控设备运行动态，在操控界面操作设备运行；

（5）免维护蓄电池：可以作为电源用，也作为备用电源，保证在非正常断电时的具有自动保护功能，防止危害操作人员；

（6）PLC控制系统：控制整体设备运行，并预留备用多机通讯接口；

（7）急停开关：；危险情况下可以紧急停止整个设备的运行；

（8）安全触边：保护操作人员及设备；

（9）升降支撑：增加设备工作时的稳定性，并起到接地作用，防止电磁干扰、射频干扰和静电放电的影响。

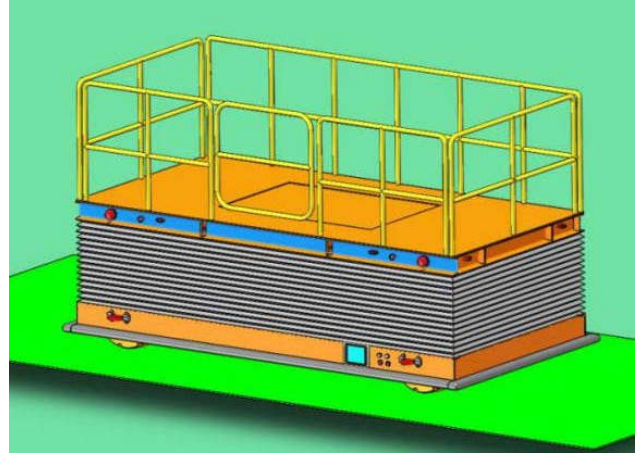


图1 移动平台

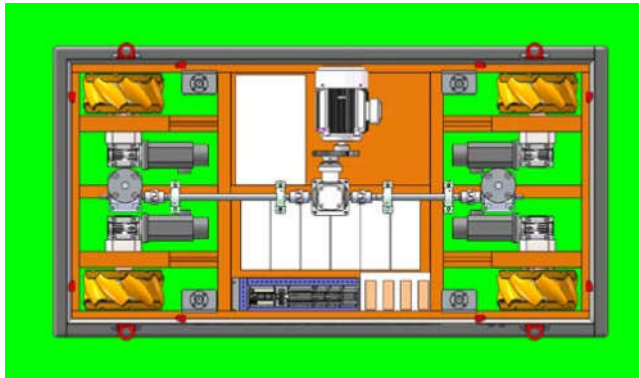


图2 光电传感器

3 关键技术研究

3.1 机器视觉三维重建技术研究

基于结构光投影的双目立体视觉模块是高精度三维测量的基础，模块主要包括结构光投影设备、两套高精度协同CMOS相机、高速图像采集板卡、图像处理控制模块等。优化设计结构光编码方式，如采用正弦相移结合灰阶编码条纹；依据采集条纹图像解算得到对应相位信息，根据相位一致性原理构建左右相机匹配关系，结合精确系统标定参数，根据空间三角法进行单次三维重建；针对大型复杂构件，协同多模块三维成像进行多个幅面重建，然后进行多视角拼接即可得到全景形貌。^[3]

基于主动光学投影的双目立体视觉系统对于大型复杂构件的视觉测量系统，测量范围达到数十米级，视觉

系统的微小误差在测量结果中会被显著放大,因此必须对系统进行高精度标定。通过对视觉测量原理、相机的线性成像模型以及相机的成像畸变模型进行深入研究,快速精确求解相机的参数矩阵和畸变系数。研究标定控制点结构分布对标定测量精度的影响因素,利用位姿传感器以及视觉测量系统搭建标定控制场,采用建模优化的方式定量分析标定景深分布、数量以及像面分布对标定测量精度的影响规律,从而指导标定布局,提升标定精度。

基于结构光投影的三维测量方法无需在线扫描,可以实现局部快速成像三维重建,但是由于测量视场所限、遮挡以及阴影、复杂面形等因素影响,需要进行多视图拼接以得到全景的三维自由型面。利用标定参数进行三维点云初步拼接,采用非接触式辅助定位光学标记,结合定位标志点空间自动搜索识别方法,基于特征点匹配实现三维多视图拼接参数求解;利用大视场模块获得构件整体(>10m*10m)的初始低精度三维数据,辅助校正拼接累计误差;基于多层空间数据动态分层的定位标志点大范围递归搜索识别方法,采用基于球坐标的法向量匹配与拼接智能优化算法进一步提高拼接精度。^[4]

在三维数据预处理方面,针对三维扫描获取到的工件点云密集、数据大量冗余问题,基于高维形状特征空间的低维嵌入方法,映射数据的本征低维度空间表示3D模型几何和拓扑特征(图11),结合低维空间的显著特征点提取,实现三维点云模型的数据压缩采样;针对三维扫描获取到的工件原始数据存在噪声、外点干扰,构件表面自遮挡、材料特性引起的三维孔洞等问题,提出构件几何约束模型,实现基于局部-全局拓扑特征保持的点云数据增强修复。

具体针对测量现场光照复杂、背景干扰、面形变化剧烈等情况下,会导致被测零件尺寸存在测量误差、边界不准确等问题,删除和优化冗余点云,实现大规模点云数据精简,提高视觉分析系统处理效率;识别面形变化剧烈区域,基于点云增强修复方法滤除噪声和奇异

点、填补孔洞等非连续区域,以实现大面型复杂构件的高精度三维重建。

3.2 生产过程数字化管控技术研究

3.2.1 焊接物联网与工艺传感模块

焊接监控评价软件模块可以实现对联网焊机的实时监控,记录的内容包括:实际焊接电流、实际弧压、焊机工作状态、预置焊接工艺参数、送丝速度、使用气体、焊丝材质、焊丝直径、开关时间、实际焊接时间、焊工姓名、焊机型号、实时波形图等参数。

3.2.2 焊接工艺任务自动下达软件模块

焊接工艺任务自动下达(规范管理)模块能够实现软件对焊接设备工艺参数进行设定并下传,焊接设备只能遵循下传的工艺规范进行焊接作业;焊接电流限定是指焊接设备的实际焊接电流与电压只能在软件设定的区间内波动,焊接设备根据限流参数动态调节电流电压输出,保证焊接设备严格按照工艺规范约定来执行。^[5]

结束语

智能矿山建设的任务任重而道远,本应用项目的视觉识别三维重建、高效数字化焊接以及数字化管控等技术可达到国际先进水平,大大提高企业焊修能力,极大降低对人工的依赖。还能在行业内率先展开大型露天矿用大型结构件智能焊修技术研究,全面提升智能矿山建设的管理水平。

参考文献

- [1]王华彬.自动化焊接机器人在立体车库设备制造中的开发应用[J].魅力中国.2014(15):21-23.
- [2]王喆.西门子840D自动焊接机器人地铁车辆焊接程序设计与开发[J].神州.2012(6):12-13
- [3]罗观宝.立体车库设备制造中自动焊接技术的开发应用[J].中国机械.2015(8):121-124
- [4]张中良.基于机器视觉的图像目标识别方法综述[J].科技与创新.2016(14):79-82
- [5]蒋树强.面向智能交互的图像识别技术综述与展望[J].计算机研究与发展.2016(53):140-142